Extrait: des „Archives Néerlandaises," T. VII. 1872

LA PROJECTION DES PHÉNOMÈNES VISUELS SUIVANT LES LIGNES DE DIRECTION,

PAR

F. C. DONDERS.

Dans mon Mémoire sur *La vision binoculaire et la perception de la troisième dimension* [1]) j'ai pris la défense contre M. Ewald Hering, sous certaines réserves, de la théorie de la projection suivant les lignes de direction.

A cette occasion, j'avais émis la conjecture que M. Hering a été conduit à combattre cette théorie parce que le pouvoir de juger de la distance du point de mire, d'après la convergence des lignes visuelles, lui ferait défaut.

M. Hering [2]) a protesté contre cette supposition. Il affirme très catégoriquement „posséder, *au même degré que tout autre*, la faculté de juger des distances d'après la convergence". A l'appui de cette assertion il cite un passage de la seconde partie de ses *Beiträge* [3]), qui toutefois prouve seulement que, dans le cas d'expériences stéréoscopiques avec images mobiles, le *changement* de convergence influe sur son appréciation de la distance. Quant à un jugement fondé sur la convergence *absolue*, il n'en est pas question dans les écrits de M. Hering, ni ici, ni ailleurs.

[1]) *Archief voor natuur- en geneeskunde*, t. II, 1865. — *Arch. Néerl.*, t. I., p. 377.

[2]) *Archiv f. Ophthalmologie*, publiée par Arlt, Donders et von Graefe, t. XVI, 1re part., p. 1; 1869.

[3]) p. 140.

Du reste, M. Helmholtz [1]) a lu dans ces écrits la même chose que moi. „Chez M. Hering, dit-il, le jugement de la distance d'après la convergence des lignes visuelles paraît être extrêmement imparfait, puisque, en s'appuyant sur ses propres observations, il est disposé à le nier complétement."

Là est le nœud de la question. Celui qui, tout en appréciant exactement les autres mouvements de l'œil, ne reçoit, — chose assez singulière ! aucun avis de l'innervation de sa convergence, devra se contenter de placer la direction visuelle sur la bissectrice de l'angle de convergence, sans déterminer la distance, et il verra ensuite découler de là toute la théorie de M. Hering.

La théorie de la projection, que je défends, ne nie pas la théorie de M. Hering. Elle va seulement un pas plus loin. Elle diffère aussi très notablement de celle contre laquelle M. Hering a dirigé de préférence ses attaques. En effet, je suis partisan décidé de la doctrine des points correspondants, que M. Hering regarde comme inconciliable avec la théorie de la projection. Dans mes études sur les mouvements de l'œil [2]), j'ai déjà présenté la théorie de la projection au point de vue de cette relation. On avait élevé des doutes sur le droit qu'on a de conclure, de la direction des images persistantes, à celle des méridiens. Ces doutes reposaient évidemment sur une notion confuse des fondements de la projection. Je montrai qu'il fallait, avant tout, distinguer entre la projection du champ visuel, pris dans son ensemble, et celle des points particuliers, considérés dans leurs rapports mutuels. La première, qui est représentée par la vision directe, je la fis dépendre de l'impulsion motrice consciente ; la seconde, de la situation relative des points rétiniens frappés. Dans mon aperçu des anomalies de la réfraction [3]), cette distinction a été rigoureusement prise en considération pour l'étude des modifications de la projection dans

[1]) *Handbuch der physiologischen Optik*, p. 657.

[2]) *Holländische Beiträge zu den anatomischen und physiologischen Wissenschaften*, 1847.

[3]) Poggendorf's *Annalen*, 1865, et *Archiv für die Holländische Beiträge zur Natur und Heilkunde*, t. III, p. 356 et suiv.

les états anormaux. A ce point de vue, il ne me paraît pas difficile de réconcilier les points correspondants avec la projection suivant les lignes visuelles. C'est ce que je vais essayer de faire ici. Dans cet exposé, les principaux faits et phénomènes qu'on a opposés à la théorie de la projection trouveront leur place naturelle, et seront ou bien mis d'accord avec cette théorie, ou bien expliqués comme illusions optiques dues à des conditions anormales de vision.

Commençons par la *vision directe.*

1. *Un objet rapproché, regardé des deux yeux, est vu à la place où il se trouve réellement : nous avons une idée exacte de sa situation par rapport à nous-mêmes, c'est-à-dire, par rapport à la place occupée par notre corps.*

A chaque instant nous avons l'occasion de nous convaincre de la vérité de cette proposition. Sans réflexion, nous étendons la main vers un objet placé à notre portée. et nous l'atteignons à coup sûr. Même du bout du doigt, nous savons toucher un point désigné. De plus, il n'est pas nécessaire de suivre de l'œil le mouvement de la main : du moment que l'objet a été vu, nous pouvons fermer les yeux, sans crainte de le manquer.

Même au-delà de la portée de nos mains, nous jugeons avec tant de justesse de la direction et de la distance, et mesurons si bien l'impulsion au mouvement, que d'une pierre lancée de la main nous allons frapper le but, et que, dans le saut, notre pied retombe à l'endroit marqué d'avance.

L'effet d'une impulsion volontaire est exactement déterminé et prévu.

2. *Les lignes visuelles se croisent à l'endroit où le point fixé se trouve réellement.*

Le point fixé forme son image, comme l'ophthalmoscope me l'a appris directement, dans chacune des fossettes centrales. La ligne qui va de la fossette centrale au point fixé est la ligne visuelle de l'œil correspondant, la ligne de direction du point vu directement.

3. *Notre jugement place donc le point fixé au point de croisement des lignes visuelles.*

Cela résulte de ce syllogisme : Nous voyons le point fixé à l'endroit où il est réellement ; en cet endroit les lignes visuelles se croisent ; nous voyons donc le point au point de croisement des lignes visuelles.

4. *Notre jugement de la situation du point fixé repose sur la conscience de l'innervation motrice qui a amené les lignes visuelles à se croiser en ce point.*

Cette innervation n'est pas seulement relative aux mouvements de l'œil, mais aussi à ceux de la tête et du corps en général. L'esprit a le sentiment exact de l'effet total de ces mouvements.

La précision avec laquelle nous savons reprendre, aussi souvent que nous le voulons, une position déterminée, est vraiment remarquable. On peut s'en assurer expérimentalement à l'aide d'un petit appareil très léger, qu'on tient fortement serré entre les dents engagées dans une empreinte pratiquée d'avance. L'appareil se compose d'une planchette mince mais rigide, qui porte deux pendules (de longs fils chargés d'un poids pendant dans l'eau) et une boussole. Les pendules, qui se meuvent devant des arcs gradués, indiquent, l'un l'inclinaison latérale sur le plan médian (rotation autour de l'axe sagittal), l'autre le mouvement dans le plan médian (rotation autour de l'axe transversal) ; la boussole fait connaître la rotation autour de l'axe vertical. Si l'on se place avec cet appareil vis-à-vis d'une paroi verticale, et qu'on cherche, la tête étant tenue verticalement, à diriger le plan médian perpendiculairement à la paroi, on trouve que, après chaque mouvement libre du corps, la même position peut être reprise avec une grande exactitude. A ma prière, M. le dr. E. Pflüger, de Berne, a bien voulu exécuter ici cinq séries d'expériences, de 10 à 28 chacune ; la déviation, comptée à partir de la position normale, a été en moyenne de moins d'un degré, savoir :

a. pour la rotation autour de l'axe vertical,
b. pour l'inclinaison latérale sur le plan médian,
c. pour la rotation dans le plan médian.

	I.	II.	III.	IV.	V.
a.	0,7	0,72	0,82	0,69	0,87
b.	1,3	0,47	0,94	0,85	0,66
c.	0,8	0,78			

Les séries IV et V ont été exécutées les yeux fer[illegible]

5. *Je distingue, avec* M. Hering, *une innervation pou[illegible] rection de l'œil double (c. à. d. pour la direction commune des deux yeux) en haut, en bas, à gauche et à droite, puis une innervation pour l'adduction et pour l'abduction. Je réunis les quatre premières sous le nom d'innervation de direction, les deux dernières sous celui d'innervation de distance.*

La théorie de M. Hering, sur les mouvements de l'œil double, a reçu des expériences de M. Adamük [2]), faites dans mon laboratoire, une base solide. M. Adamük a montré que, au moins chez le chien et chez le chat, les deux yeux ont une innervation commune, qui part des tubercules antérieurs des corps quadrijumeaux. L'éminence droite régit les mouvements des deux yeux vers le côté gauche, et vice-versa. En irritant des points différents de chaque éminence, on peut provoquer le mouvement dans une direction quelconque; mais toujours les deux yeux se meuvent simultanément et en conservant entre eux une relation déterminée. Par l'irritation de la partie postérieure, soit de l'éminence droite, soit de l'éminence gauche, on obtient une forte convergence, avec abaissement simultané des lignes visuelles et rétrécissement de la pupille.

6. *Nous estimons avec une grande exactitude l'innervation de direction.*

On en a la preuve lorsque, fermant les yeux, on étend le doigt vers un objet éloigné qu'on vient de regarder. En ouvrant les yeux, les images doubles du doigt se trouvent alors ordinairement aux deux côtés de l'objet, même lorsque celui-ci n'a été regardé auparavant que d'un seul œil. Ceux qui sont privés depuis longtemps de l'usage d'un de leurs yeux, ou du moins

---

[1]) L'appareil est destiné, en outre, à déterminer — dans l'état normal aussi bien que dans l'état anormal, et les yeux étant ouverts ou fermés — les oscillations que le corps exécute pendant qu'on se tient aussi immobile que possible. Peut-être cette méthode pourra-t-elle servir à faire reconnaître de bonne heure les maladies de la moelle épinière. J'espère être, plus tard, en mesure de communiquer des observations et des recherches sur ce sujet.

[2]) *Archief voor natuur- en geneeskunde*, t. V, p. 243.

. binoculaire (cas de strabisme), portent le doigt entre ... l'œil qui voit.

7. *L'estimation de l'innervation de distance laisse également peu de chose à désirer pour les objets rapprochés.*

a. D'après la convergence exigée, nous jugeons la distance.

C'est ce qui a lieu dans la vision ordinaire. Un point sur lequel le regard s'est arrêté, ne fût-ce qu'un instant, peut ensuite être atteint du boit du doigt, les yeux étant fermés. Outre l'innervation consciente, il y a dans ce cas encore d'autres facteurs actifs; mais nous pouvons les exclure, sans que le résultat en souffre beaucoup.

La preuve la plus nette s'obtient par l'indication de la distance d'un point lumineux (une succession rapide de très petites étincelles d'induction) dans une chambre parfaitement obscure. Il faut, de plus, que la tête soit appuyée; car des déplacements latéraux exigent de la part des yeux, pour qu'ils continuent à fixer le même point, des mouvements d'autant plus considérables que ce point est plus rapproché; or il pourrait résulter de là quelque indice concernant la distance. Dans cette expérience, tous les facteurs, autres que la convergence et l'accommodation, sont exclus [1]). Néanmoins, en opérant à la portée de la main, j'ai trouvé que l'erreur ne s'élevait en moyenne qu'à un centimètre [2]).

b. Réciproquement, d'après le jugement sur la distance, nous réglons l'innervation motrice.

Lorsque j'ai vu un objet, ne fût-ce qu'indirectement, et qu'immédiatement après je ferme les yeux et les fais mouvoir de côté et d'autre, je suis en état, au moment où ils se rouvrent ou même auparavant, de les diriger de telle sorte que, tout d'abord,

[1]) Entre autres, l'indication provenant de l'inclinaison des méridiens (ce qu'on a appelé le mouvement de roue), indication dont la valeur n'a été convenablement appréciée, que tout récemment, par M. J. J. Müller (*Kön. Sächs. Gesellsch. der Wiss.*, 6 Mai 1871).

[2]) *Voir* les tableaux communiqués dans les *Verslagen van de Koninklijke Akad. v. Wetenschappen*, 1871, t. VI.

l'objet se trouve fixé binoculairement : l'écart, du moins, est toujours très faible. L'innervation de distance et celle de direction répondent donc toutes deux à l'idée préconçue. Tout au plus, j'observe une petite oscillation de l'objet, ce qui a lieu aussi quand on cligne rapidement les yeux tout en continuant de fixer le même point, et doit être attribué en partie à un mouvement communiqué à l'œil par les paupières. M. Helmholtz a essayé d'atteindre binoculairement son doigt indicateur, qu'il avait élevé avant d'ouvrir les yeux ; mais il n'y parvenait que lorsqu'il frottait ce doigt avec le pouce ou qu'il le mettait en contact avec un objet extérieur. Chez moi, même sans cette condition, l'idée de la situation acquiert ordinairement une vivacité suffisante. Mais l'expérience est tout aussi concluante lorsqu'on a d'abord vu le doigt, ou tel autre objet choisi, qu'ensuite on ferme les yeux et les tourne de divers côtés, puis qu'on les rouvre, en cherchant au même moment à viser l'objet primitivement regardé. De cette manière, on se convaincra aisément qu'il est possible de régler exactement l'innervation motrice d'après le jugement sur la direction et la distance.

Les deux catégories d'expériences nous apprennent donc, l'une et l'autre, qu'il existe une relation entre l'innervation volontaire et l'idée absolue de la place où les objets sont vus binoculairement. Lorsque l'innervation exigée est modifiée par des prismes, le jugement s'accommode bientôt à ces nouvelles conditions. Mais il ne s'ensuit pas que, dans la vision ordinaire, l'estimation des impulsions ne soit pas absolue. Il n'y a aucune contradiction entre une estimation absolue dans les conditions normales et une accommodation relativement rapide dans des conditions anormales. D'autres groupes musculaires nous apprennent la même chose. Un pianiste aveugle se retrouve, au bout de peu de minutes, sur un clavier dont les touches sont plus larges ou plus étroites que celles auxquelles il est habitué ; qu'à un violoniste exercé, qui sur son instrument sait atteindre toutes les positions avec une précision assurée, on donne en main un alto, et à peine aura-t-il posé les doigts sur le manche et tiré quelques sons, qu'involontairement il accommodera ses mouvements aux dimensions plus grandes

du nouvel instrument. Le myope, armé de verres neutralisants, écrit sans le vouloir en caractères plus grands, — et de nouveau en caractères plus petits lorsqu'il dépose les lunettes. Dans tous ces cas, la facilité de l'accommodation tient sans doute à ce que, lorsque l'organe se fatigue, une impulsion plus forte est nécessaire pour atteindre le même but, et que, par cela seul, nous avons dû, pendant toute notre vie, travailler à l'accommodation et, par suite, l'apprendre.

8. *L'estimation de la distance est influencée aussi par les propriétés des objets (ombre et lumière, grandeur, forme perspective, etc.). Dans la vision ordinaire, celles-ci correspondent à la distance réelle et agissent par conséquent dans le même sens que l'innervation de distance. Mais, artificiellement, elles peuvent être mises en désaccord avec elle, et, lorsque cela arrive, l'innervation seule ne peut pas régler le jugement.*

Ce qui vient d'être dit ressort avec évidence de la contemplation d'un tableau, qui reproduit avec vérité la perspective exacte et la couleur des objets, ainsi que les effets d'ombre et de lumière. Mais pourquoi l'illusion est-elle plus parfaite lorsqu'on regarde d'un seul œil? C'est que, dit-on, dans la vision binoculaire, les images perspectives de l'œil droit et de l'œil gauche devraient différer; or le tableau donne la même pour tous les deux, ce qui doit nuire à l'illusion. Mais celle-ci sera-t-elle donc plus parfaite si l'on se sert d'un seul œil, qui bien certainement ne perçoit pas deux projections différentes? Pour cela il n'y a aucune raison, car nous ne tenons pas compte de ce que la vision ne s'opère que par un seul œil, et nous lui posons les mêmes exigences que lorsqu'elle les emploie tous les deux. Je crois, en effet, que la cause doit être cherchée ailleurs, et qu'elle consiste en ceci: en fermant un œil, on peut changer la convergence, et on la change réellement, d'après l'idée de la distance. Qu'on se place devant un tableau, qu'on regarde d'abord un point sur le premier plan, et qu'ensuite, après avoir couvert l'un des yeux au moyen d'un petit écran, on dirige le regard sur quelque objet situé censément à une plus grande distance; alors, en retirant l'écran, cet objet apparaîtra en images doubles

croisées, qui ne tardent pas à se rapprocher, mais — en laissant évanouir une partie de l'illusion. Un observateur, placé près de la personne qui regarde le tableau, constatera aussi que l'œil tenu derrière l'écran exécute un mouvement en dehors, au moment où l'œil libre se porte, d'un objet rapproché, sur un objet figuré directement au-dessus du premier, mais dans un éloignement plus grand. — Ainsi, l'innervation de distance reste efficace dans la contemplation monoculaire d'un tableau, et si son exclusion, dans la vision binoculaire, fait tant de tort à l'illusion, c'est la meilleure preuve de l'influence qu'elle exerce sur la formation de nos jugements.

Tout concourt donc à établir ce résultat: dans la vision binoculaire et directe, un point est vu là où l'innervation motrice volontaire fait croiser les lignes visuelles.

Nous avons maintenant à parler, en second lieu, de la *projection dans le cas de la vision indirecte.* Il faut ici distinguer entre ce qui, vu binoculairement, donne lieu à une image simple, et ce qui apparaît sous l'aspect d'images doubles.

9. *Dans la vision indirecte, binoculaire et simple, l'objet se voit au point de croisement des lignes de direction.*

Le même syllogisme, que nous a présenté la vision directe, trouve encore son application ici. Nous voyons l'objet à la place où il se trouve réellement; au point occupé par l'objet se croisent les lignes de direction: donc nous le voyons au point de croisement des lignes de direction.

En général, ces prémisses et la conclusion qu'on en tire sont exactes. Elles le sont surtout pour les parties centrales du champ visuel, qui dans la vision jouent le rôle essentiel. Mais, il y a aussi des écarts. D'abord, contrairement à la première prémisse, nous ne voyons pas les divers points exactement dans la direction où ils se trouvent par rapport à notre corps. C'est ce qui est mis en évidence quand nous mesurons l'étendue du champ visuel. Tous les détails relatifs à ce point ont été réunis par M. Helmholtz dans le § 28 de son Traité classique.

La seconde prémisse n'est pas prouvée non plus d'une manière

absolue. En premier lieu, il est douteux qu'on puisse dire, en se bornant à un seul œil visant à l'infini, que chaque point vu indirectement se trouve sur la ligne visuelle; au moins, si l'on doit entendre par là que les lignes tirées, en cas d'accommodation parfaite, de chaque image rétinienne à l'objet correspondant, passent, pour la périphérie du champ visuel aussi bien que pour le centre, par un seul et même point nodal (commun). Il n'est donc pas prouvé, — loin de là, — que les deux lignes visuelles se croisent au point vu indirectement. En second lieu, l'astigmatisme normal empêche déjà, à lui seul, que les images rétiniennes soient une réduction exacte du champ visuel sphérique. Il y a donc des écarts, et il importe d'en étudier la cause. Mais ils sont assez petits pour ne pas infirmer, relativement aux parties utilisables du champ visuel, cette proposition générale: que tout ce qui est perçu par vision indirecte, binoculaire et simple, se voit au point de croisement des lignes de directlon.

De même que pour la vision directe, la question se présente ici de savoir *pourquoi* les objets vus *indirectement* se voient au point de croisement.

M. Volkmann [1]) a fait découler le jugement, relatif à la direction, de l'action musculaire qui est nécessaire pour porter le regard direct sur le point vu indirectement. L'impulsion exigée pour ce déplacement, et que l'expérience nous a appris à connaître, déterminerait la direction dans laquelle nous voyons le point situé en dehors des axes visuels. Cette opinion est partagée par M. Helmholtz [2]). Il la trouve déjà indiquée chez Herbart et chez M. Lotze; elle a été développée ensuite, au point de vue physiologique, par MM. Meissner et Czermak, et, dans ses rapports avec les idées visuelles, plus spécialement par M. Wundt. Elle est en parfaite conformité avec la théorie de l'origine purement empirique de nos idées. Je ne reproduirai pas ici les considérations que j'ai fait valoir ailleurs contre cette théorie et son application exclu-

---

[1]) Wagner's *Handwörterbuch*. Art. *Sehen*, t. III, p. 340 et suiv.

[2]) *l. c.*, § 28; la partie historique se trouve aux pag. 593 et suiv.

sive [1]). Il suffit d'en rappeler le résultat final, savoir: que la projection de ce qui est vu indirectement et l'impulsion motrice se sont développées, depuis les générations les plus reculées, en harmonie l'une avec l'autre, et cela par la même voie suivant laquelle elles continuent à se modifier réciproquement chez l'homme individuel, de sorte qu'il est tout aussi exclusif de déduire la projection de l'impulsion volontaire que de faire découler celle ci de la première. A une pareille manière de voir, M. Helmholtz ne reprochera sans doute pas d'exclure l'étude des rapports d'origine qui rattachent nos idées aux phénomènes visuels.

10. *Lorsqu'il existe des images doubles, mais qui, dans l'esprit, se fusionnent en une image unique, l'objet est encore vu au point de croisement des lignes de direction.*

Une personne non exercée, mais douée de bons yeux, étant placée dans l'obscurité, la tête appuyée, on lui fait fixer binoculairement un point lumineux consistant en une série de très petites étincelles d'induction; puis on fait jaillir à des distances variables et, de plus, à côté, en haut ou en bas, une étincelle, qui donne des images doubles bien distinctes De ces images doubles notre observateur n'a rien remarqué: il a vu une étincelle. Mais il sait mettre le doigt aussi bien sur l'étincelle que sur le point lumineux. La situation du point lumineux, il la déduit de l'innervation des muscles oculaires; celle de chaque étincelle, par rapport au point lumineux, des images doubles fusionnées L'erreur de l'indication ne devient un peu grande que lorsque l'étincelle est située très sur le côté, ou lorsque le point de mire se trouve à une grande distance, de sorte que les images doubles peuvent difficilement se fusionner; en moyenne, l'erreur ne s'élève qu'à $^1/_{11}$. Le point lumineux et l'étincelle doivent être si faibles qu'on ne voie absolument pas autre chose dans l'enceinte obscure [2]).

[1]) Voir: *Onderzoekingen gedaan in het Phys. Labor. der Utrechtsche Hoogeschool*, 3e Sér., t. I. p. 83; et encore: *Archief voor natuur- en geneeskunde*, t. VI, p. 247; *Verslagen en Mededeelingen der Kon. Akad. van Wetensch.*, 1871, t. VI; *Archiv. f. Ophthalmol.*, t. XVIII. En cet endroit j'ai aussi essayé d'expliquer pourquoi un point vu indirectement apparaît au point de croisement.

[2]) *Voir* les tableaux communiqués dans les *Versl. en meded. der Kon. Akad. van Wetensch.*, t. VI.

11. *Lorsque les images doubles ne se combinent pas en une image unique, elles donnent l'impression de deux objets différents. La direction où ceux-ci se voient, par rapport au point fixé, est déterminée, pour chacun d'eux séparément, par l'angle que forment, dans l'œil correspondant, la ligne de direction de l'image rétinienne et l'axe visuel. Quant à la distance, nous nous la figurons égale à celle du point fixé, lorsque l'expérience exclut toute autre source d'information. Mais dans la vision ordinaire, où la distance est ordinairement connue, notre jugement est souvent déterminé par cette connaissance.*

Quand les images doubles sont prises pour deux objets situés à côté l'un de l'autre, il est certain qu'aucune des deux ne peut être vue à la place où se trouve l'objet. Il y a donc à se demander: où les voit on? La direction est indiquée *dans tous les cas*, sans le moindre doute, par la ligne de direction de l'image rétinienne: en fixant P, l'image dédoublée de p se trouve dans l'œil gauche S à droite, dans l'œil droit D à gauche du point fixé; — en fixant p, *tout* devient inverse. Mais à quelle distance les images se placent-elles sur ces lignes de direction? Quand tout autre indice fait défaut (comme dans l'enceinte obscure), et que le regard reste parfaitement fixe, elles sont vues exactement dans l'horoptère du point fixé L'idée, qu'on a affaire à trois objets situés à côté l'un de l'autre, est si bien établie, que les images ne bougent pas quand on les fixe successivement. On est entièrement dominé par l'illusion que les deux images dédoublées se voient réellement à *l'intersection des lignes de direction* du point rétinien frappé et du point correspondant (non frappé). L'expérience réussit tout aussi bien lorsque les points lumineux ne se trouvent pas dans le plan médian et que le point fixé se voit à côté des deux images dédoublées.



Fig. 1.



Si la même expérience est exécutée dans les conditions ordinaires de la vision, en prenant au lieu d'étincelles de petits objets,

la ligne de direction de chaque image rétinienne continue à déterminer, comme nous l'avons déjà dit, la direction de la vision. Mais la connaissance qu'on a de l'objet, et les déplacements parallactiques auxquels donne lieu le plus faible mouvement de la tête, influent sur l'estimation de la distance.

Lorsqu'on tient deux objets, par exemple deux crayons, dans le plan médian, le crayon sur lequel le regard est fixé se voit toujours entre les images doubles de l'autre. Mais si le crayon le plus rapproché est tenu en dehors du plan médian, sur la ligne allant d'un des yeux au crayon le plus éloigné, l'une des images doubles tombe toujours sur l'objet fixé, tandis que l'autre est placée respectivement à droite ou à gauche. Or, dans cette expérience, le rapprochement et l'écartement respectifs, qui s'opèrent entre les doubles images des objets fixés alternativement, donne lieu à une remarquable illusion visuelle. Qu'on regarde, d'abord d'un seul œil, alternativement une mire et un objet situé, à grande distance, dans la direction de cette mire. Alors, quand le regard se porte sur la mire, elle et l'objet paraissent se déplacer tous les deux du côté de l'œil ouvert, tandis qu'ils paraissent se mouvoir vers le côté opposé quand le regard se fixe sur l'objet. Voici l'explication de ce phénomène. Un point vu directement se montre à sa vraie place, au point de croisement des lignes de direction, soit qu'on se serve d'un seul œil ou des deux yeux à la fois. Si l'on regarde d'un seul œil la mire, dont la distance est connue, l'œil fermé se dirige également sur elle : on voit la mire à sa place, mais l'objet est dévié. Si l'on regarde l'objet, l'œil fermé se dirige à son tour vers lui : l'objet est à sa place, mais la mire est déviée. A chaque alternation, les deux points se meuvent donc à la fois : l'un parce qu'il vient à sa place, l'autre parce qu'il la quitte. Il est maintenant facile de se rendre compte de ce qui arrive lorsque, dans cette expérience, les deux yeux sont tenus ouverts. La mire apparaît en images doubles lorsqu'on regarde l'objet, l'objet apparaît en images doubles lorsqu'on regarde la mire, et en les regardent alternativement, on voit les images doubles de l'un venir respectivement

de la droite et de la gauche en se rapprochant, tandis que celles de l'autre se dirigent vers la droite et vers la gauche en s'écartant. Ces déplacements en sens opposé peuvent se compenser dans notre perception, de sorte que la mire et l'objet restent alors tous les deux à leur place. Fait-on au contraire l'expérience en tenant un œil fermé, on ne voit chaque fois qu'une seule des images doubles, et son mouvement apparent, qui maintenant n'est pas compensé, produit la même impression qu'un mouvement réel.

Des expériences de ce genre ont été faites par M. Hering, qui s'est appuyé sur elles pour soutenir qu'on ne projette pas nécessairement les objets sur les lignes visuelles. En effet, pendant que l'œil fermé tourne seul à droite et à gauche, les objets sur lesquels l'autre œil reste immuablement fixé semblent se déplacer. Par conséquent : projection variable, malgré l'invariabilité de la ligne visuelle.

Le phénomène s'explique très simplement par ceci, que les objets fixés binoculairement se voient au *point de croisement* des lignes visuelles, de sorte que le jugement relatif à la situation doit se modifier lorsque, une des lignes visuelles conservant une direction fixe, celle de l'autre vient à changer. Soit, fig. 2, cp la direction fixe de la ligne de regard de l'œil gauche S; cp, cp' et cp'' trois directions de la ligne de regard de l'œil droit D : pour ces trois directions, l'objet se verra alors respectivement en p, à droite du plan médian mm, en p', dans le plan médian même, et en p'', à gauche de ce plan. Or, pour le jugement, il importe peu que l'un des yeux soit couvert pendant l'expérience. Que l'on fixe un objet binoculairement, avec soin, et qu'alors on glisse un écran devant l'un des deux yeux : l'objet ne bougera pas. Ou bien, qu'on tienne un écran dans le plan médian : tout restera à sa place, et on ne remarquera même pas que presque tous les objets ne sont plus vus que d'un seul œil. Dans l'expérience à laquelle se rapporte la fig. 2, l'œil droit peut donc rester fermé ;


Fig. 2.



pourvu qu'il soit dirigé successivement sur p, p' et p'', le point situé dans la ligne visuelle de S passera, tout aussi bien, du côté droit, par le plan médian, au côté gauche. A la rigueur, quand il ne se trouve qu'un seul objet sur la ligne visuelle gauche, par exemple p, cet objet devrait aussi, vu l'absence d'images doubles, paraître se rapprocher de l'œil. Mais c'est ce qu'il ne fait pas, ou du moins ne fait qu'imparfaitement, parce que l'angle visuel, sous lequel on le voit, conserve sensiblement la même grandeur. Il faudrait donc, en même temps, se figurer l'objet devenant plus petit dans la même proportion où on le croirait plus rapproché; or, devant une exigence aussi déraisonnable, l'innervation de distance se déclare impuissante.

Lorsqu'on veut représenter la situation des images doubles sur un tracé graphique, on doit prolonger les lignes de direction jusqu'à la distance où se trouve le point d'intersection des lignes visuelles. Là seulement les lignes visuelles ont un point commun dans l'espace, et, par suite, là seulement les points situés sur les lignes de direction de l'un ou de l'autre œil, indifféremment, prennent, entre eux et par rapport au point de mire, la place qui représente la direction dans laquelle ils sont vus.

Le résultat général de notre étude est donc: que nous voyons les objets, dans la vision directe, là où l'innervation motrice amène au croisement les axes visuels, et dans la vision indirecte, pour chaque œil, à une distance angulaire de l'axe visuel déterminée par la ligne de direction du point rétinien frappé.

En terminant je dois dire encore un mot de l'œil cyclopien de Hering.

M. Hering enseigne que nous voyons un point, par chacun des deux yeux, dans la direction où le verrait un œil cyclopien médian. M. Helmholtz va encore plus loin dans l'application de l'œil cyclopien: „J'ai trouvé", dit-il [1]) „que la position apparente de l'horizon rétinien est, à l'égard des rotations axiales

---

[1]) *l. c.*, p. 608—612.

des deux yeux, dans une dépendance analogue à celle qui pèse sur la direction apparente de la ligne visuelle". Si j'ai bien compris M. Helmholtz, je dois, en me fondant sur mes expériences (*voir* l'annexe), combattre son opinion. Un œil cyclopien, qui aurait subi la rotation axiale moyenne, verrait, sans doute, comme les deux yeux conjointement. Mais on ne peut pas dire qu'il verrait comme chaque œil séparément. Cela est impossible, rien que pour la raison que chaque œil voit une inclinaison différente. Il en est tout autrement ici que pour les lignes visuelles, au point d'intersection desquelles chaque œil séparément place le point visé. Ce point d'intersection se déplace du même côté vers lequel tourne l'œil fermé: la rotation dans ce sens se communique donc à la perception dont le point de départ est dans l'œil ouvert. Mais dans le cas de la rotation autour de l'axe optique, la perception est comme le produit moyen de deux inclinaisons différentes, et quand un œil se ferme, une de ces inclinaisons est supprimée, et cesse par conséquent d'agir comme élément compensateur par rapport à l'autre. Nous recevons alors, par l'œil ouvert, la sensation d'une inclinaison telle qu'elle devrait exister en réalité pour engendrer la même sensation lors de la vision par les deux yeux; car, ce qui est vu d'un seul œil, nous croyons le voir des deux.

Il en est de même, en réalité, de l'inclinaison apparente qui est propre aux méridiens verticaux. Regardant des *deux yeux* à travers un tube, en face d'une paroi blanche, on réussit à tendre un fil à peu près verticalement. *Un œil seul* y reconnaît alors son inclinaison spéciale, qui, dans toutes les circonstances, différera d'autant plus de celle appartenant à la vision binoculaire, que, dans celle-ci, l'autre œil aurait compensé plus fortement.

Pour les rotations autour de l'axe optique, aussi bien que pour les directions des lignes de regard, la conception de l'œil cyclopien me paraît donc insuffisante : ici, parce qu'elle fait abstraction de la distance du point de croisement, là, parce qu'elle donne seulement une moyenne de sensations qui ne sont pas les mêmes pour les deux yeux.

Plus loin [1]), M. Helmholtz revient encore une fois sur l'œil cyclopien, pour faire remarquer que les „directions visuelles" qui en partent ne peuvent jamais se couper, et qu'ainsi s'évanouit la difficulté que présentent, sous ce rapport, les doubles images croisées fournies par les deux yeux. Mais il suffit de rapporter, comme M. Helmholtz lui-même l'a fait très justement [2]), chaque ligne de direction à la ligne visuelle de l'œil correspondant, pour que toute difficulté disparaisse. En prolongeant les lignes de direction des images croisées jusqu'à la distance du point d'intersection des lignes visuelles, où elles représentent toutes les deux un seul et même point de l'espace, le diagramme donnera aussi la position exacte des doubles images.

Je crois donc devoir m'en tenir à l'œil double de Hering, sans le convertir en œil cyclopien.

ANNEXE. Les expériences dont il est question à la page 16 consistaient à tendre un fil horizontalement ou verticalement, au jugé de l'œil, en le regardant par un court tube et le projetant sur une surface unie, puis à mesurer la quantité dont il s'écartait de la direction voulue. Cette méthode a déjà été appliquée par M. Hering et d'autres. Pour moi, ce que j'avais spécialement en vue, c'était d'obtenir des déterminations pour le cas où l'un des yeux reste invariablement fixé dans une direction parallèle au plan médian, tandis que l'autre est fortement tourné en dedans (convergence asymétrique). Je me suis borné à la rotation dans un plan horizontal, la tête étant tenue verticalement : en opérant de cette manière, l'inclinaison projetée était déjà assez grande pour résoudre le question posée.

Lorsqu'on tourne l'œil, par exemple à gauche, autour de l'axe optique (ce qui peut très bien se faire avec les doigts), la ligne verticale fixée par le regard penche à droite : pour paraître ver-

[1]) *l. c.*, p. 745.
[2]) *l. c.*, p. 696.

ticale, une ligne doit donc, dans ce cas, pencher en réalité à gauche. Par conséquent, si dans l'expérience on donne effectivement au fil une pareille inclinaison, on pourra en conclure que l'œil a exécuté une rotation dans le même sens autour de l'axe optique. Nous appelons cette direction : la direction négative. La rotation autour de l'axe optique est au contraire positive quand elle se fait à droite (dans le sens des aiguilles d'une montre), ce qui arrive lorsque nous jugeons vertical un fil qui penche à droite.

Les résultats des expériences ont été communiqués en détail à l'endroit déjà cité des Comptes rendus de l'Académie des Pays-Bas. Ici, je mentionnerai seulement celles où l'on compare le jugement formé en cas de parallélisme des lignes visuelles, avec celui qui prend naissance lorsqu'un des yeux tourne en dedans, tandis que l'autre continue imperturbablement à regarder droit devant lui.

	Lignes visuelles parallèles.	Oeil droit tourné en dedans.
Oeil droit.	— 0°,93	+ 4°,95
„ gauche.	— 4°,3	— 5°,31
Différence	3°,37	10°,26

Par la rotation en dedans l'inclinaison positive de l'œil droit augmente ici beaucoup plus que l'inclinaison négative de l'œil gauche; mais, indubitablement, cette dernière augmente aussi, et, en aucun cas, il ne se produit une inclinaison apparente dans le sens de celle de l'œil droit.

	Lignes visuelles parallèles.	Oeil gauche tourné en dedans.
Oeil droit	+ 0°,53	+ 2°,48
„ gauche	— 3°,38	— 6°,06
Différence	3°,91	8°,54

Les mêmes expériences (deux séries, I et II,) ont été faites en donnant au fil, par estimation, une position *horizontale*.

	Lignes visuelles parallèles.	Oeil gauche tourné en dedans. I.	II.
Oeil droit	— 0°,69	+ 2°,7	+ 2°,68
„ gauche	— 3°,25	— 6°	— 6 ,77
Différence	2°,56	8°,7	9°,45

Enfin, une dernière série se rapporte au cas où l'on cherche aussi à donner au fil une position *horizontale*, mais où c'est la ligne visuelle de l'œil *gauche* qui continue à se diriger droit en avant.

	Lignes visuelles parallèles.	Oeil droit tourné en dedans.
Oeil droit	— 0°,69	+ 2°,9
„ gauche	— 3°,25	— 4°,78
Différence	2°,56	7°,68

Toutes ces expériences démontrent qu'en passant du parallélisme des lignes visuelles à leur convergence asymétrique, l'œil dont le regard reste parallèle au plan médian modifie l'inclinaison de la projection de son plan méridien en sens contraire de l'œil porté fortement en dedans.